



# Резервы технической скорости при наличии ее ограничений



Валерий ФЕОКТИСТОВ  
Valery P. FEOKTISTOV

Сергей БОРИСЕНКОВ  
Sergey S. BORISENKOV



*Феоктистов Валерий Павлович – доктор технических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ).  
Борисенков Сергей Сергеевич – аспирант МИИТ.*

***Нормирование энергозатрат оказывает существенное влияние на энергосбережение в тяге поездов и соответственно, на функционирование железнодорожного транспорта в целом. Но эту систему необходимо дополнить методикой расчета и статистической оценки потерь энергии и времени из-за ограничений скорости. На основе полученных данных введено разделение одиночных ограничений на точечные и протяженные. С помощью экспертного опроса установлены определенные зависимости скорости, длины поезда, запаса страховочных величин, которые предполагается принимать во внимание при расчете потерь времени и расходов электроэнергии.***

***Ключевые слова:*** железная дорога, скоростное движение, ограничения скорости, потери времени, энергосбережение, безопасность движения поездов.

**О**сновная тенденция в развитии дальнего пассажирского сообщения, в том числе международного, – это сокращение времени доставки пассажира, что достигается повышением маршрутной и участковой скоростей поезда, причем прежде всего за счет роста технической скорости. Это особенно характерно для скоростных поездов, которые обычно все тяговое плечо проезжают без промежуточных остановок.

Парк пассажирского подвижного состава располагает электровозами и вагонами с конструктивной скоростью 160 км/ч. Имеются отдельные образцы для 200 км/ч. Но возможности повышения технической, участковой и маршрутной скоростей сдерживаются путевой инфраструктурой, искусственными сооружениями и требованиями безопасности движения, а также соображениями экономического характера, т.е. дополнительными расходами при очевидном росте потребления электроэнергии и более ускоренном износе инфраструктуры.

Поставлена задача оценить возможности повышения технической скорости при наличии ее ограничений и рассчитать свя-

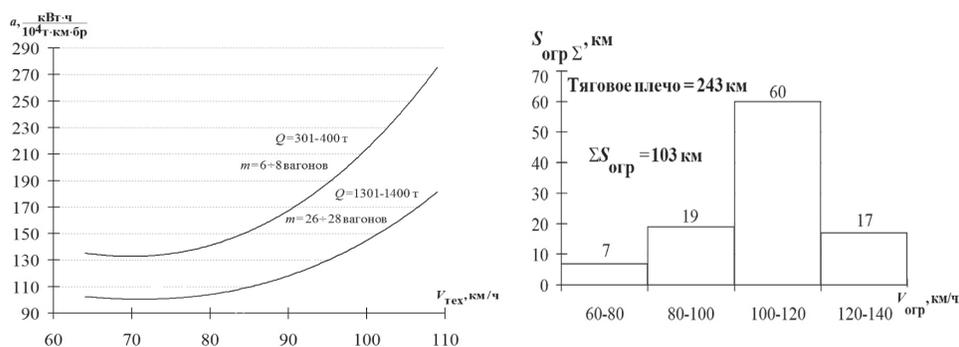
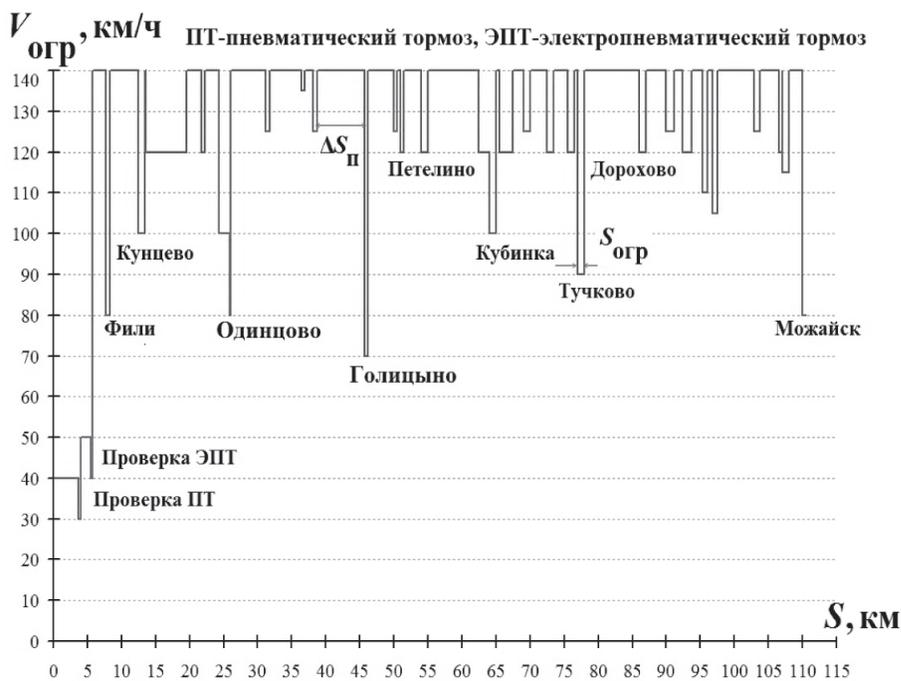


Рис. 1. Анализ ограничений скорости и их влияние на энергозатраты (а — ограничения скорости на участке Москва–Можайск; б — гистограмма суммарной протяженности ограничений скорости на этом участке; в — удельный расход энергии УРЭ в функции технической скорости и веса состава).

занные с этим дополнительные энергозатраты. Предполагаемую методику расчета есть намерение включить в действующую систему нормирования и учета энергозатрат на тягу поездов, принятую в дирекции тяги ОАО «РЖД» [1]. Кроме того, методика нацелена на оптимизационное решение задачи по повышению скорости на основе критерия минимума приведенных затрат.

Об актуальности темы свидетельствуют обобщенные данные по существующим ограничениям. На сети ОАО «РЖД» имеется более 4900 ограничений скорости на линиях общей протяженностью не менее 6000 км [2].

В качестве примера на рис. 1 (а) приведен участок Москва–Можайск, который является частью скоростного тягового плеча Москва–Вязьма. Здесь организовано движение скоростных поездов назначением Берлин, Варшава, Минск, Брест с электровозами ЧС7 (конструктивная скорость 160 км/ч, максимальная разрешенная скорость составляет 140 км/ч). Суммарная протяженность ограничений с дифференциацией по скорости на тяговом плече Москва–Вязьма показана на рис. 1 (б).

Нужно отметить, что повышение технической скорости при наличии ее ограничений затрагивает одновременно про-



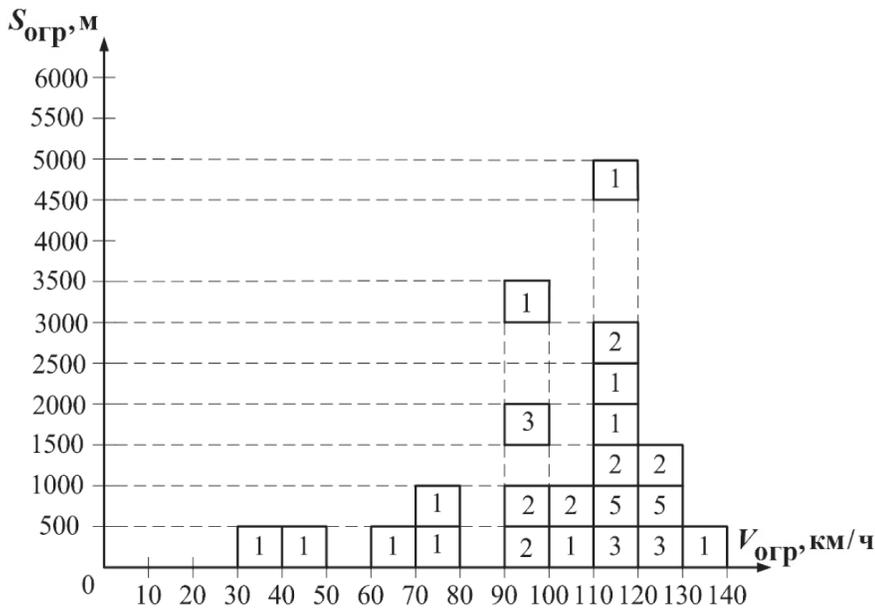


Рис. 2. Криптограмма ограничений скорости на участке Москва–Можайск.

блемы и безопасности движения, и энергопотребления. Последний фактор проиллюстрирован на рис. 1 (в), где проиллюстрированы зависимости удельного расхода электроэнергии на тягу в функции технической скорости на участке Москва–Вязьма, который считается одним из самых скоростных на Московской железной дороге.

В таблице 1 показаны составляющие роста удельных энергозатрат для двух вариантов повышения технической скорости. Видно, что во втором варианте доля ограничений скорости в росте энергозатрат существенно выше по сравнению с влиянием основного сопротивления движению.

Для выбора алгоритма регулирования скорости поезда при проследовании зоны ограничения и удельного расхода энергии весьма заметно влияние числа вагонов в составе, что следует из графиков на рис. 1 (в). Анализ распределения количества вагонов в составе скоростных и обычных поездов показывает, что скоростные имеют небольшое число вагонов – в среднем 7–9. Обычные же пассажирские имеют до 20 вагонов, дополнительные поезда – до 26 вагонов. Эта особенность учтена при решении поставленной задачи.

Ее решение базируется на предварительном анализе ограничений скорости. Эти ограничения естественным образом

сужают возможности повышения технической скорости. Суммарная протяженность пути по диапазонам величины ограничения (рис. 1 (б)) не позволяет решать задачу в полном объеме ввиду слишком общей информации. На рис. 2 приведена детализированная диаграмма (криптограмма), которая отражает информацию по каждому ограничению и по которой можно четко определить количество ограничений с дифференциацией по протяженности. По оси абсцисс отложена скорость ограничения, а по оси ординат – длина.

На основе этих данных введено разделение одиночных ограничений на точечные и протяженные. У первых заданная службой пути длина равна нулю, а у вторых она больше нуля – такое ограничение задают двумя координатами – начало  $S_{он}$  и конец  $S_{ок}$ . К началу любого ограничения голова поезда, т. е. электровоз, должна подойти с разрешенной для этого ограничения скоростью. После прохода ограничения последним вагоном можно начать разгон до разрешенной скорости, что показано на рис. 3. Любое ограничение безусловно удлиняется на величину  $D$ , равную длине поезда. Кроме того, с помощью экспертного опроса машинистов-инструкторов установлено, что перед входом в зону ограничения и после выхода из нее должен

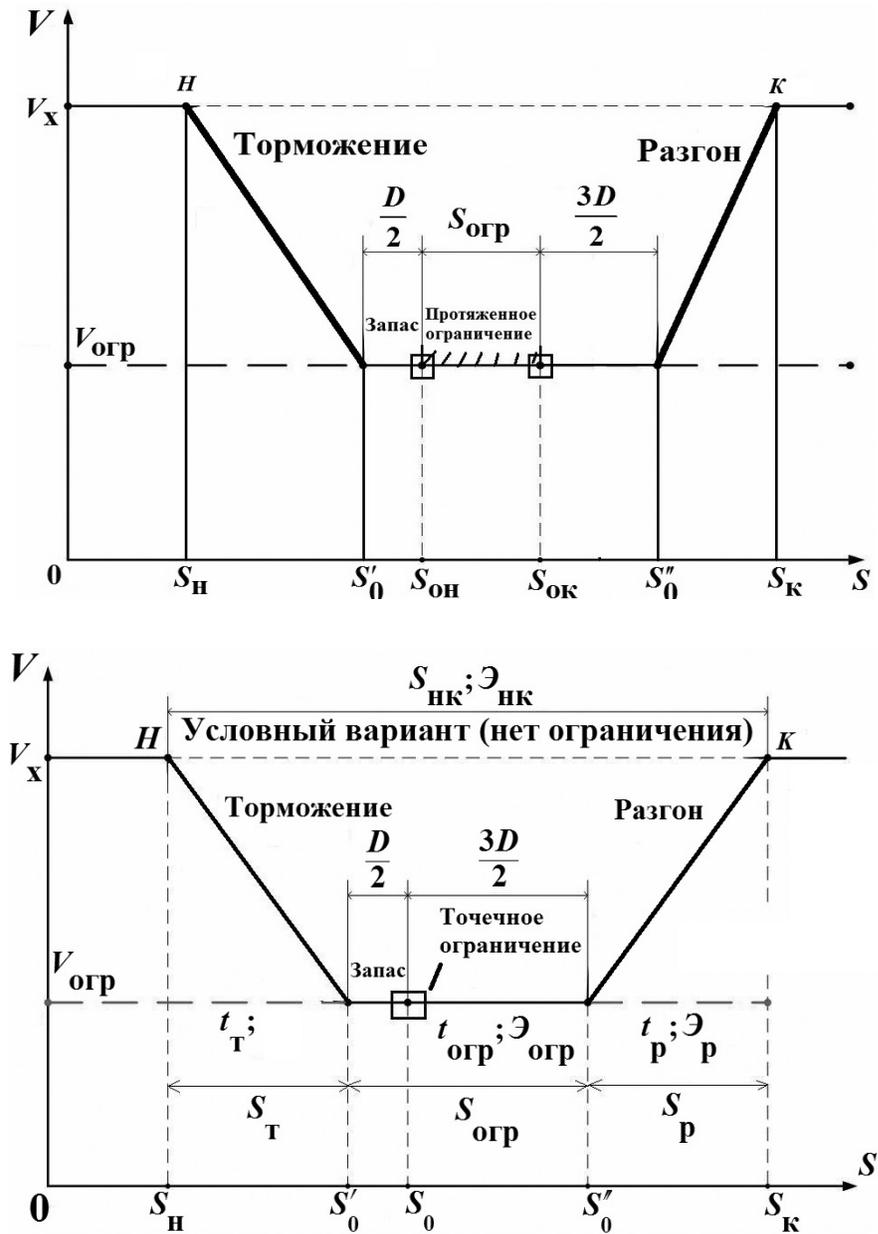


Рис. 3. Диаграмма протслеживания точечного (а) и протяженного (б) ограничений.

быть запас  $D/2$ . Поэтому каждое отдельно взятое ограничение с учетом длины поезда и запаса удлинится на величину  $2D$ . Это принимают во внимание при расчете потерь времени и расходов электроэнергии.

Таким образом, точечное ограничение длиной  $S_{огр} = 0$  (рис. 3 (а)) превращается в протяженное длиной

$$S_{огр} = (2,5 \div 3)D = (2,5 \div 3)(l_l + ml_g), \quad (1)$$

где  $l_l, l_g$  — длина локомотива и пассажир-

ского вагона (для ЧС7  $l_l = 37$  м,  $l_g = 25$ ).

Аналогично протяженное ограничение

длиной  $S_n > 0$  увеличивается до значения:

$$S_{огр} = S'_o - S''_o = S_n + (2,5 \div 3)D. \quad (2)$$

Если за базовый вариант условно принять отсутствие ограничения, т.е. виртуальную возможность движения поезда в зоне действующего ограничения с максимальной ходовой скоростью  $V_x$ , что показано на рис. 3 штрихпунктирной линией,





то можно рассчитать потери времени:

$$\Delta T = (t_m + t_{огр} + t_p) - t_{нк}, \quad (3)$$

где  $t_m$ ,  $t_p$  – время торможения поезда перед ограничением и время разгона после прохода ограничения;

$$t_{огр} = \frac{S_{огр}}{V_{огр}} - \text{время движения поезда}$$

с постоянной скоростью в зоне ограничения;

$t_{нк}$  – время движения поезда в виртуальном режиме, т. е. при отсутствии ограничения, от точки Н до точки К ( $t_{нк} = \frac{S_{нк}}{V_x}$ ).

Нужно иметь в виду, что положение точек Н и К по отношению соответственно к началу  $S_{он}$  и концу  $S_{ок}$  ограничения не является фиксированным, а зависит от длины поезда  $D$  и способа его торможения.

Потери энергии от ограничения скорости определяют аналогично

$$\Delta \mathcal{E} = (\mathcal{E}_{огр} + \mathcal{E}_p) - \mathcal{E}_{нк}, \quad (4)$$

где  $\mathcal{E}_{огр}$  – расход энергии на участке

$S'_o \div S''_o$  с постоянной скоростью  $V_{огр}$ ;

$\mathcal{E}_p$  – расход энергии в виртуальном варианте, который на рис. 3 показан штрихпунктирной линией.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев В. И. Методика анализа результатов расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов/Утверждена 20.06.1997 г. № ЦТД-26.
2. Жабров С. С. Тенденции разработки графика движения поездов на основе компьютерных технологий//Железнодорожный транспорт. Серия «Организация движения и пассажирские перевозки». – 2000. – Вып. 1.
3. Ерофеев Е. В. Принципы построения систем автоведения поездов метрополитена и пассажирских поездов при электрической тяге / Дис... док. техн. наук. – М., 1985. – 396 с.

## RESERVES OF THE CRUISING SPEED IN THE CASE OF SPEED RESTRICTIONS

**Feoktistov, Valery P.** – D.Sc. (Tech), professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

**Borisenkov, Sergey S.** – Ph. D. student of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

Power consumption rate setting influences energy saving in the process of train traction. Possible growth of cruise, line and route speed is limited by track infrastructure, safety requirements and by additional power consumption.

Therefore there is a problem of assessment of possible cruise speed growth under the conditions when there are speed restrictions due to the infrastructural issues (there are 4900 speed limits imposed a long of about 6000 km within the rail network of JSC Russian Railways), as well as of estimation of supplementary power inputs.

Such a system should be completed by the methods of statistical assessment of power

and time losses caused by imposed speed restrictions. The dependencies between specific power consumption rates for the traction are found, given the example of cruise speed at Moscow-Vyazma track section. The number of coaches in a passenger train is also considered as specific indicator.

The analysis of received data permitted to decompose singular restrictions into point and prolonged limits. The survey of railway staff opinions helped to determine certain dependencies between speed, train length, and some safety precaution values to be further used to compute time and electric power losses.

**Key words:** railway, high speed traffic, speed restrictions, time losses, energy saving, traffic safety.

## REFERENCES

1. Kovalev V.I. The methods used to analyze fuel and electric power consumption for train traction [Metodika analiza rezultatov rashoda toplivno-energeticheskikh resursov na tyagu poezda]. № ЦТД-26. Approved by Central direction of traction of JSC Russian Railways, 20.06.1997.

2. Zhabrov S.S. Tendencies in Computer-Aided Train Traffic Scheduling [Tendencii razrabotki grafika dvizheniya

poezdov na osnove kompiuternykh tekhnologiy]. Zheleznodorozhniy Transport [Railway Transport Journal], Series Traffic management and passenger traffic, 2000, No.1.

3. Erofeev, E.V. Principles of engineering of the systems of automatic driving of metro and rail passenger trains with electric traction. Thesis of D.Sc. (Tech) candidate. Moscow, 1985. 396 p.

Координаты авторов (contact information): Феоктистов В. П. (Feoktistov, Valery P.) – (495) 684–2452, Борисенков С. С. (Borisenkov, Sergey S.) – Sergei\_Borisenkov@mail.ru.

Статья поступила в редакцию / received 24.09.2012

Принята к публикации / accepted 03.12.2012